

552618

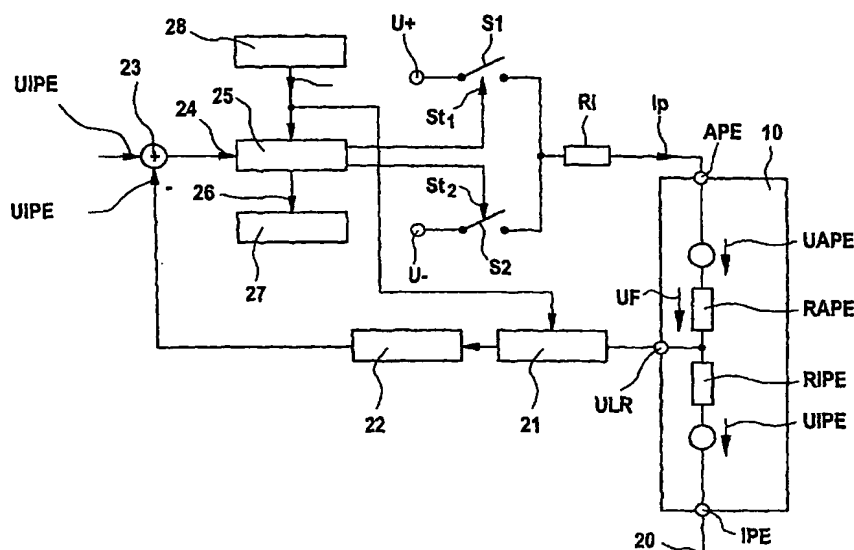


PCT

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

- [Fortsetzung auf der nächsten Seite]*

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG ZUM BETREIBEN EINES GASSENSORS



[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/090524 A1



MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

- (84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT,

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) **Zusammenfassung:** Es wird eine Vorrichtung zum Betreiben eines Gassensors (10) vorgeschlagen, der sois wohl wenigstens eine Pumpzelle (13) als auch eine Messzelle (19) enthält. Vorgesehen ist eine Konstantstromquelle (U+, SI, U-, S2, Ri), die einen Pumpstrom (Ip) bereitstellt, mit welchem eine äussere Elektrode (11) der Pumpzelle (13) beaufschlagt wird. Die Konstantstromquelle (U+, SI, U-, S2, Ri) stellt wenigstens zwei unterschiedliche Beträge (I+, I-) des Pumpstroms (Ip) bereit und/oder sieht einen wechselnden Betrieb mit Einschaltphasen (TD) und Ausschaltphasen (TA) vor, wobei die Dauer der Einschaltphasen (TD) / Ausschaltphasen (TA) vorgebar sind. Die Vorrichtung kann weit gehend in digitaler Schaltungstechnik realisiert und unterschiedlichen Anforderungen angepasst werden.

- 1 -

5

10 Vorrichtung zum Betreiben eines Gassensors

Stand der Technik

15 Die Erfindung geht aus von einer Vorrichtung zum Betreiben eines Gassensors nach der Gattung des unabhängigen Anspruchs.

20 In dem Fachbuch "Otto-Motor - Management / Bosch", Verlag Vieweg, 1. Aufl., 1998, Seiten 22-23, ist ein Breitband-Lambda-Sensor beschrieben, der eine Sensorkammer aufweist, die über eine Diffusionsbarriere mit einem Gasraum verbunden ist. In der Sensorkammer ist eine innere Pumpelektrode angeordnet, die mit einer äußeren Pumpelektrode und einem zwischen den Pumpelektroden liegenden Sauerstoffionen leitenden Elektrolyten eine Pumpzelle bildet. Mit der Pumpzelle können Sauerstoffionen des Gases durch den Elektrolyten aus der Sensorkammer heraus oder in die Sensorkammer hineingepumpt werden.

25 Neben der Pumpzelle ist eine Messzelle vorhanden, die zwischen der inneren Pumpelektrode und einer Referenzgaselektrode liegt, wobei zwischen der inneren Pumpelektrode und der Referenzgaselektrode ebenfalls ein Sauerstoffionen leitender Elektrolyt angeordnet ist. Die Messzelle entspricht einer Nernstzelle, bei der die sich im thermodynamischen Gleichgewicht zwischen der inneren Pumpelektrode und der Luftreferenzelektrode ausbildende Potenzialdifferenz dem Logarithmus des Verhältnisses des Partialdrucks des zu untersuchenden Gases in der Sensorkammer und des Partialdrucks des zu untersuchenden Gases in der Luftreferenz proportional ist.

30

- 2 -

5 Eine in analoger Schaltungstechnik realisierte Schaltungsanordnung hat die Aufgabe, den Sauerstoffpartialdruck in der Sensorkammer derart zu beeinflussen, dass das Nernstpotenzial konstant auf einem vorgegebenen Wert bleibt. Die Schaltungsanordnung ändert zu diesem Zweck einen elektrischen Pumpstrom, mit dem die äußere Pumpelektrode beaufschlagt ist. Die Polarität und der Betrag des Pumpstroms hängen davon ab, ob bzw. um welchen Betrag das vorgegebene Nernstpotenzial über- oder unterschritten ist. Der sich einstellende Pumpstrom tritt an einem Arbeitswiderstand als Spannung auf, die ein Maß für die Konzentration des zu untersuchenden Gases ist.

10 In der DE 36 25 071 A1 ist ein Verfahren zum Betreiben eines Sensors mit veränderlicher Ionenleitfähigkeit sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens beschrieben, bei welchem der Sensor in zyklisch ablaufenden Vorgängen impulsartig mit einem von einer Konstantstromquelle gelieferten Strom beaufschlagt wird. Die sich ergebende Spannung am Sensor ist ein Maß für die relative Luftfeuchte, welcher der Sensor ausgesetzt ist. Die impulsartige Zuführung des Stroms vermeidet Polarisierungseffekte an den Elektroden des Sensors. Die Verwendung eines konstanten Stroms, der eine wechselnde Polarität aufweisen kann, ermöglicht eine einfache Auswertung der am Sensorelement auftretenden Sensorspannung.

20 Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, eine Vorrichtung zum Betreiben eines Gassensors anzugeben, der eine einfach zu realisierende Schaltungsanordnung enthält, welche eine genaue, drift- und offsetarme Messung ermöglicht.

25 Die Aufgabe wird durch die im unabhängigen Anspruch angegebenen Merkmale gelöst.

Vorteile der Erfindung

30 Erfindungsgemäß ist eine Konstantstromquelle zur Bereitstellung des Pumpstroms vorgesehen. Gemäß einer ersten Alternative ist die Konstantstromquelle auf mehrere vorgebbare Strompegel einstellbar. Gemäß einer zweiten Alternative, die gegebenenfalls zusätzlich zur ersten Alternative vorgesehen sein kann, sieht die Konstantstromquelle einen getakteten Betrieb mit Einschaltphasen und Ausschaltphasen vor, wobei die Dauer der Einschaltphasen und/oder die Dauer der Ausschaltphasen vorgebbar ist.

- 3 -

Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann weit gehend in digitaler Schaltungstechnik realisiert werden. Dadurch ist eine vergleichsweise genaue Erfassung des Pumpstroms und somit des Messsignals möglich. Die in analoger Schaltungstechnik nur mit aufwändigen Maßnahmen in den Griff zu bekommende Fehler durch Drift und Offset werden weitest-

5

gehend vermieden. Weiterhin ist die Erfassung des Pumpstroms unabhängig von einer elektrischen Kapazität des Gassensors.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung ermöglicht gemäß der ersten Alternative die Vorgabe von unterschiedlichen Beträgen der Konstantströme. In einem stationären Betriebszustand, bei dem sich die Konzentration des zu messenden Gases innerhalb des betrachteten Messzeitraums nicht oder nur unwesentlich ändert, ist der in der Schaltungsanordnung bekannte Konstantstrom identisch mit dem Pumpstrom. Bei den üblicherweise instationären Zuständen kann durch eine einfache Mittelwertbildung über ein zeitlich vorgegebenes Messfenster der Pumpstrom erhalten werden. Die Mittelwertbildung gestaltet sich besonders

10

15

einfach, da sowohl die Zeiten, in denen der vorgegebene Konstantstrom fließt, als auch der Betrag des Konstantstroms in der Schaltungsanordnung bekannt sind.

Gemäß der zweiten Alternative, die einen getakteten Betrieb mit Einschaltphasen und Ausschaltphasen vorsieht, ermöglicht die Vorgabe eines mittleren Pumpstroms durch eine Variation der Dauer der Einschaltphasen und/oder der Ausschaltphasen. Die zweite Alternative ermöglicht eine Realisierung der Konstantstromquelle im Extremfall mit nur einem vorgebbaren Pegel.

20

Die flexibelste Lösung sieht eine Kombination der ersten und zweiten Alternative vor. Durch die Kombination können die Beträge der Konstantströme und die Dauer der Einschaltphasen und/oder Ausschaltphasen flexibel vorgegeben werden. Da die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Betreiben des Gassensors eine Regelschleife enthält, die dadurch gegeben ist, dass eine Änderung des Pumpstroms die Mess-Spannung beeinflusst, die ihrerseits wieder zu einer Nachführung des Pumpstroms führen kann, kann durch die

25

30

erfindungsgemäß vorgesehenen Maßnahmen eine Optimierung des Regelverhaltens im Hinblick auf Genauigkeit und Geschwindigkeit der Regelung erzielt werden.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann über standardisierte Schnittstellen direkt von weiteren elektrischen Steuereinheiten angesprochen werden, die nicht Gegenstand der vorliegenden Anmeldung sind. Zusätzliche Schaltungsmaßnahmen sind hierzu nur in ge-

35

- 4 -

- ringem Umfang erforderlich. Die in der erfindungsgemäßen Vorrichtung auftretenden Signale liegen weit gehend in digitaler Form vor, so dass die Signalverarbeitung weitestgehend in einem Rechner stattfinden kann. Dadurch ist eine Miniaturisierung der Schaltungsanordnung bei gleichzeitiger Erhöhung der Funktionalität bzw. der Änderungsmöglichkeit der Funktionalität der Vorrichtung möglich. Eine Anpassung an unterschiedliche Ausführungen von Gassensoren oder eine Anpassung zum Ausgleich von Exemplarstreuungen einer Gassensorserie ist mit Softwareanpassungen in einfacher Weise ohne Änderung der Hardware möglich.
- 5
- Vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Betreiben eines Gassensors ergeben sich aus abhängigen Ansprüchen.
- 10
- Eine Ausgestaltung sieht vor, dass die Konstantstromquelle die Vorgabe von Konstantströmen ermöglicht, die sowohl positive als auch negative Polarität aufweist.
- 15
- Eine Ausgestaltung sieht eine Mittelwertbildung über eine vorgegebene Messzeit vor. Die Mittelwertbildung ermöglicht die Erhöhung der Genauigkeit bei der Erfassung des Pumpstroms insbesondere bei instationären Vorgängen, bei denen Regelvorgänge auftreten. Durch die Anpassung der Messzeit, die einer Tiefpassfilterfunktion entspricht, kann gleichzeitig eine Glättung des zeitlichen Verlaufs des Pumpstroms vorgenommen werden.
- 20
- Die erfindungsgemäße Vorrichtung gestattet die Ermittlung des Pumpstroms durch einfache Zählvorgänge. Bei vorgegebenem Strompegel und vorgegebener Dauer der Einschaltphasen und/oder der Ausschaltphasen ergibt die Zählung der Anzahl der Einschaltphasen oder der Ausschaltphasen innerhalb der vorgegebenen Messzeit unmittelbar ein Maß für den Pumpstrom wieder. Eine Regelung der Mess-Spannung ist durch eine Steuerung der Konstantstromquelle in Abhängigkeit von einem Vergleich zwischen einer vorgegebenen Soll-Messspannung und der Ist-Messspannung möglich. Die analoge Mess-Spannung wird vorzugsweise in einem Analog-Digital-Wandler in ein Digitalsignal umgesetzt, so dass eine weitestgehende Realisierung der erfindungsgemäßen Vorrichtung in digitaler Schaltungstechnik ermöglicht ist.
- 25
- 30
- Eine Weiterbildung der erfindungsgemäßen Vorrichtung sieht einen Gassensor vor, der mehrere Pumpzellen enthält, die beispielsweise unterschiedlichen zu untersuchenden Gasen ausgesetzt werden können. Für die mehreren Pumpzellen wird lediglich eine Mess-
- 35

- 5 -

zelle benötigt. Durch eine zeitliche Koordination kann ein und dieselbe Konstantstromquelle in zeitlicher Folge sämtliche Pumpzellen mit einem Pumpstrom beaufschlagen. Sofern die sich ergebenden Zeiten für den stromlosen Zustand einiger Pumpzellen zu hohe Werte ergeben, können die Konstantstromquelle sowie deren Steuerung entsprechend mehrfach vorhanden sein. Der zusätzliche Aufwand hält sich dadurch in Grenzen, da die Funktionen in einem Rechner, beispielsweise einem Mikroprozessor, ohne großen Aufwand mehrfach realisierbar sind.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung eignet sich insbesondere zum Betreiben eines Gassensors, der im Abgas einer Brennkraftmaschine angeordnet ist. Die weitestgehende Möglichkeit der Digitalisierung weist bei diesem Einsatz des Gassensors wesentliche Vorteile im Hinblick auf die mit elektromagnetischen Störungen verseuchte Umgebung auf.

Weitere vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Betreiben eines Gassensors ergeben sich aus weiteren abhängigen Ansprüchen und aus der folgenden Beschreibung.

Zeichnung

Figur 1 zeigt ein Schnittbild durch einen Gassensor,
Figur 2 zeigt ein Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Betreiben des in Figur 1 gezeigten Gassensors und
Figuren 3a-3c zeigen Signalverläufe in Abhängigkeit von der Zeit, die in der in Figur 2 gezeigte Anordnung auftreten.

Figur 1 zeigt ein Schnittbild durch einen Gassensor 10, der eine zwischen einer äußeren Pumpelektrode 11 und einer inneren Pumpelektrode 12 angeordnete Pumpzelle 13 enthält. Die innere Pumpelektrode 12 ist in einer Sensorkammer 14 angeordnet, die über eine Diffusionsbarriere 15 mit dem zu messenden Gas beaufschlagt wird. In der Sensorkammer 14 ist weiterhin eine innere Messelektrode 16 angeordnet, die mit einer in einem Gasreferenzraum 17 angeordneten äußeren Messelektrode 18 eine Messzelle 19 bildet.

Die äußere Pumpelektrode 11, die mit einem Pumpelektrodenanschluss APE verbunden ist, wird mit einem Pumpstrom I_p beaufschlagt. Die innere Pumpelektrode 12, die elekt-

- 6 -

risch mit der inneren Messelektrode 16 verbunden ist, wird an einen Sensorkammeranschluss IPE geführt. Die äußere Messelektrode 18 ist an einen Mess-Signalanschluss LR geführt.

5 Figur 2 zeigt ein Blockschaltbild einer Vorrichtung zum Betreiben des Gassensors 10. Das elektrische Ersatzschaltbild des Gassensors 10 weist eine zwischen dem Pumpelektrodenanschluss APE und dem Mess-Signalanschluss LR liegende Pumpzellenspannung U_{APE} und einen Pumpzellenwiderstand R_{APE} auf. Der Gassensor 10 weist weiterhin eine zwischen dem Mess-Signalanschluss LR und dem Sensorkammeranschluss IPE liegende Messspannung U_{IPE} und einen Messzellenwiderstand R_{IPE} auf. Der Sensor-

10 kammeranschluss IPE ist mit einer Schaltungsmasse 20 verbunden.

Der Mess-Signalanschluss LR, an dem eine Sensorspannung U_{LR} anliegt, ist mit einer Abtast-/Halteschaltung 21 verbunden, der ein Analog-/Digital-Wandler 22 nachgeschaltet

15 ist, der eine digitalisierte Messspannung U_{IPE} an einen Vergleicher 23 weiterleitet. Der Vergleicher 23 vergleicht die digitalisierte Messspannung U_{IPE} mit einer Sollspannung U_{IPE}_{soll} und gibt ein Differenzsignal 24 an eine Entscheidungslogik 25 ab. Die Entscheidungslogik 25 gibt ein erstes Schaltsignal St1 an einen ersten Schalter, ein zweites Schaltsignal St2 an einen zweiten Schalter S2 sowie ein Zählsignal 26 an einen

20 Zähler 27 ab.

Der erste Schalter S1 ist mit einer positiven Spannungsquelle U₊ und der zweite Schalter mit einer negativen Spannungsquelle U₋ verbunden. Der erste Schalter S1 kann die positive Spannungsquelle U₊ und der zweite Schalter S2 die negative Spannungsquelle U₋

25 auf einen Stromquellenwiderstand R_I schalten, der mit dem Pumpelektrodenanschluss APE verbunden ist, in welchen der Pumpstrom I_P fließt. Zur Steuerung der Abtast-/Halteschaltung 21 und der Entscheidungslogik 25 ist ein Taktgeber 28 vorgesehen, der ein Taktsignal TAKT bereitstellt.

30 Die Figuren 3a-3c zeigen Signalverläufe in Abhängigkeit von der Zeit t, die in der in Figur 2 gezeigten Vorrichtung auftreten.

Figur 3a zeigt die Sensorspannung U_{LR} in Abhängigkeit von der Zeit t. Die Sensorspannung U_{LR} entsteht aus der Überlagerung der Spannung der Mess-Spannungsquelle U_{IPE} und einer Fehlerspannung U_F, die durch den Spannungsabfall am Pumpzellenwi-

35

- 7 -

derstand RAPE auf Grund des Pumpstroms I_p entsteht. Während Einschaltphasen TD bzw. während der Pumpstrom I_p fließt, tritt die Fehlerspannung UF auf. Während Ausschaltphasen TA ist der Pumpstrom I_p abgeschaltet, so dass die Mess-Spannung UIPEist als Sensorspannung ULR vorliegt.

5

Figur 3b zeigt den Pumpstrom I_p in Abhängigkeit von der Zeit t . In einem ersten Zeitintervall, das zwischen einem ersten und einem sechsten Zeitpunkt, T1, T6 liegt. Während der Einschaltphasen TD tritt der Pumpstrom I_p mit einem ersten Betrag I_+ auf. Während der Ausschaltphasen TA und während eines Zeitintervalls, das nach dem sechsten Zeitpunkt T6 beginnt und zu einer Messzeit TM endet, ist der Pumpstrom I_p während der Einschaltphasen TD auf einen zweiten Betrag I_- festgelegt. Mit dem Auftreten der Messzeit TM ändert sich der Betrag des Pumpstroms I_p während der Einschaltphase TD wieder auf den ersten Betrag I_+ .

10

15

In Figur 3c ist das Taktsignal TAKT in Abhängigkeit von der Zeit t gezeigt. Das Taktsignal TAKT weist während der Einschaltphasen TD einen Einschaltpegel und während der Ausschaltphasen TA einen Ausschaltpegel auf. Das Taktsignal TAKT weist eine Periodendauer TP auf. Innerhalb der Periodendauer TP tritt die Einschaltphase TD sowie die Ausschaltphase TA auf.

20

Die erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Betreiben des in Figur 1 schematisch gezeigten Gassensors 10 wird anhand der in den Figuren 3a-3c gezeigten Signalverläufen, die in der in Figur 2 gezeigten Anordnung auftreten, näher erläutert:

25

Der Gassensor 10 ist beispielsweise im Abgas einer Brennkraftmaschine angeordnet. Der Gassensor 10 detektiert bei dieser Anwendung eine Konzentration einer im Abgas enthaltenen Gaskomponente. Hierbei kann es sich beispielsweise um die Restsauerstoffkonzentration oder beispielsweise die Stickoxid (NO_x)-Konzentration handeln. Die äußere Pumpelektrode 11 sowie die Diffusionsbarriere 15 sind dem zu untersuchenden Gas ausgesetzt. Die Gaskonzentration in der Sensorkammer 14 kann durch einen Gasionentransport durch die Pumpzelle 13 verändert werden. Die Konzentration kann durch Anlegen einer Spannung an den Pumpelektrodenanschluss APE der äußeren Pumpelektrode 11 geändert werden. Auf Grund der Spannung tritt der Pumpstrom I_p auf.

30

- 8 -

Der Gassensor 10 enthält weiterhin die zwischen der inneren und äußeren Messelektrode 16, 18 ausgebildete Messzelle 19. Mit der Messzelle 19 kann die Konzentration des zu untersuchenden Gases in der Sensorkammer 14 auf Grund eines in der Messzelle 19 auftretenden Gasionenflusses gemessen werden. Die Spannung der Messzelle 19 ist die Mess-Spannung UIPEist, die als Nernstspannung bezeichnet wird. Voraussetzung für die Ausbildung der Nernstspannung ist ein thermodynamisches Gleichgewicht zwischen den Gaskomponenten des zu untersuchenden Gases. Die Konzentrationsmessung erfolgt gegenüber der Gaskonzentration, die im Gasreferenzraum 17 auftritt. Hierbei handelt es sich um einen Raum, der beispielsweise mit Luft gefüllt ist.

Unter der Voraussetzung, dass die Konzentration des zu messenden Gases im Gasreferenzraum 17 höher ist als die Konzentration in der Sensorkammer 14, gilt das in Figur 2 gezeigte Ersatzschaltbild des Gassensors 10. Unter der genannten Voraussetzung liegt das am Mess-Signalanschluss LR auftretende Potential unterhalb von dem am Pumpelektrodenanschluss APE auftretenden Potential, aber oberhalb von dem am Sensorkammeranschluss IPE auftretenden Potential. Die Potentiale werden durch die im Ersatzschaltbild des Gassensors 10 gezeigten Spannungsquellen bestimmt. Die Spannungen der Spannungsquellen, mithin die Mess-Spannung UIPEist sowie die Pumpzellenspannung des UAPE werden durch die Konzentrationsunterschiede an der Messzelle 19 bzw. der Pumpzelle 13 bestimmt, die durch den Pumpstrom I_p beeinflusst werden können.

Die in Figur 2 gezeigte Anordnung hat vorzugsweise die Aufgabe, die Mess-Spannung UIPEist auf die Sollspannung UIPEsoll einzustellen. Die Sollspannung UIPEsoll wird bei einem Gassensor 10, der die Konzentration des Restsauerstoffs im Abgas einer Bremskraftmaschine im thermodynamischen Gleichgewicht erfassen soll, wird beispielsweise auf einen Wert festgelegt, der im Bereich der Luftzahl Lambda von wenigstens näherungsweise $= 1$ liegt, bei dem sich die Sauerstoffkonzentration bzw. der Sauerstoffpartialdruck um mehrere Zehnerpotenzen ändert. Entsprechend ändert sich die Mess-Spannung UIPEist stark. Die Sollspannung UIPEsoll wird beispielsweise auf einen Wert von 450 mV festgelegt.

Die am Mess-Signalanschluss LR abgreifbare Sensorspannung ULR, die in Figur 3a gezeigt ist, wird vorzugsweise während der Ausschaltphasen TA erfasst. Während der Ausschaltphasen TA des Pumpstroms I_p entfällt die Verfälschung der Spannung durch die Fehlerspannung UF auf Grund des Pumpstroms I_p am Messzellenwiderstand RIPE. Die

- 9 -

Abtastung der Sensorspannung ULR erfolgt durch die vom Taktsignal TAKT gesteuerte Abtast-Halteschaltung 21, welcher der Analog-/Digital-Wandler 22 nachgeschaltet ist. Alternativ können die Abtast-Halteschaltung 21 und der Analog-/Digital-Wandler 22 in der Anordnung vertauscht werden, so dass unmittelbar eine Analog-Digital-Wandlung der Mess-Spannung UIPEist vorgesehen sein kann.

Die digitalisierte Mess-Spannung UIPEistd wird im Vergleich 23 mit der Sollspannung UIPEsoll verglichen. In Abhängigkeit von der Differenz wird das Differenzsignal 24 an die Entscheidungslogik 25 ausgegeben. Die Entscheidungslogik 25 steuert mit dem ersten Schaltsignal S11 oder dem zweiten Schaltsignal S12 entweder den ersten Schalter S1 oder den zweiten Schalter S2 an. Das Schließen des ersten Schalters S1, der mit der positiven Spannungsquelle U+ verbunden ist, führt in Verbindung mit dem Stromquellenwiderstand Ri zu einem Pumpstrom Ip mit der vorgegebenen Amplitude I+, die in Figur 3b gezeigt ist, welche innerhalb eines Zeitintervalls auftritt, das zwischen dem ersten Zeitpunkt T1 und dem sechsten Zeitpunkt T6 liegt. Das erste Steuersignal S11 und somit das Auftreten des Pumpstroms Ip mit dem ersten Betrag I+ tritt während der Einschaltphasen TD auf. Im gezeigten Ausführungsbeispiel sind zwischen dem ersten und sechsten Zeitpunkt T1, T6 fünf Einschaltphasen TD vorgesehen.

Im gezeigten Ausführungsbeispiel soll die Anordnung mit der positiven oder negativen Spannungsquelle U+, U- und dem Stromquellenwiderstand Ri eine schaltbare Konstantstromquelle bilden. An Stelle der gezeigten Ausgestaltungen kann die Konstantstromquelle auch aufwändiger gestaltet werden mit dem Ziel, den Pumpstrom präziser vorgeben zu können. Unter der Voraussetzung, dass der Stromquellenwiderstand Ri erheblich höherohmiger ist als der Innenwiderstand der positiven oder negativen Spannungsquelle U+, U- und der Pumpzellenwiderstand Ri, wird der Pumpstrom Ip im wesentlichen durch die Spannung der positiven oder negativen Spannungsquelle U+, U- und dem Stromquellenwiderstand Ri bestimmt. Sofern lediglich ein vorgegebener Betrag des Pumpstroms Ip vorgesehen ist, kann die Konstantstromquelle auf die in Figur 3b gezeigten Strompegel I+, I- festgelegt werden. Durch Änderung der Spannung der positiven und negativen Spannungsquelle U+, U- und/oder des Widerstandswerts des Stromquellenwiderstands Ri können unterschiedliche Strompegel vorgegeben werden.

Beim Schließen des zweiten Schalters S2, der mit der negativen Spannungsquelle U- verbunden ist, tritt in Verbindung mit dem Stromquellenwiderstand Ri der zweite Betrag I-

- 10 -

des Pumpstroms I_p auf. Diese Situation ist zwischen dem sechsten Zeitpunkt und der Messzeit T_M in Figur 3b gezeigt. Innerhalb des Zeitintervalls treten beispielsweise die gezeigten vier Einschalt Dauern TD auf. Im gezeigten Ausführungsbeispiel ist davon ausgegangen, dass zum sechsten Zeitpunkt T_6 das Differenzsignal 24 signalisiert, dass die digitalisierte Mess-Spannung $UIPE_{istd}$ die Sollspannung $UIPE_{soll}$ überstiegen hat, so dass in der dem Zeitpunkt T_6 folgenden Periodendauer TP das erste Schaltsignal $St1$ zurückgenommen und das zweite Schaltsignal $St2$ während der Einschaltphasen TD zum Schließen des zweiten Schalters $S2$ ausgegeben wird. Mit dem Auftreten der Messzeit T_M ändert sich wieder das Differenzsignal 24. Mit dem Auftreten der Messzeit T_M ist eine Regelschwingung abgeschlossen. Eine andere Ausgestaltung des Reglers kann zu einem anderen Verhalten führen.

Auf Grund der weit gehend digitalen Realisierung von Schaltungskomponenten ist eine einfache Ermittlung des Pumpstromes I_p möglich. Der erste und zweite Betrag I_+ , I_- des Stroms der Konstantstromquelle ist durch die Spannung der positiven und negativen Spannungsquelle U_+ , U_- sowie durch den Betrag des Stromquellenwiderstands R_i festgelegt. Der Pumpstrom I_p kann durch einen einfachen Zählvorgang der in Figur 3b gezeigten Einschaltphasen TD ermittelt werden, vorausgesetzt, der erste und zweite Betrag I_+ , I_- des Pumpstroms I_p sind gleich groß. Die Zählung erfolgt durch eine Zählung der Einschalt Dauern TD , die zwischen dem ersten und sechsten Zeitpunkt T_1 , T_6 auftreten, und eine Zählung der Einschalt Dauern TD , die zwischen dem sechsten Zeitpunkt T_6 und der Messzeit T_M auftreten. Anschließend wird die Differenz gebildet.

Im gezeigten Ausführungsbeispiel ist die Messzeit T_M , über welche die Summenbildung erfolgt, zufällig gerade einer Regelschwingung gleichgesetzt. Die Messzeit T_M kann unabhängig von der Regelschwingung festgelegt werden. Die Messzeit T_M gibt die Integrationszeit für die Mittelwertbildung an. Das Ergebnis der Mittelwertbildung ergibt den mittleren Pumpstrom I_p , mit dem die äußere Pumpelektrode 11 beaufschlagt wird. Der Pumpstrom I_p ist unmittelbar ein Maß für die Konzentration des zu untersuchenden Gases, da die Regelung des Pumpstroms I_p in Abhängigkeit von der konstant gehaltenen Mess-Spannung $UIPE_{ist}$ geregelt wird. Die Mittelwertbildung kann gleitend erfolgen. Gleitende Mittelwertbildung bedeutet, dass beispielsweise zu jedem Zeitpunkt $T_1 - T_9$ die Stromimpulse jeweils bis zur gleichermaßen voranschreitenden Messzeit T_M summiert werden.

35

- 11 -

Die Auflösung bei der Ermittlung des mittleren Pumpstroms I_p wird durch die Festlegung der Messzeit T_M beeinflusst. Wird beispielsweise die Periodendauer T_P auf 0,1 ms und die Messzeit T_M auf 10 ms festgelegt, so beträgt die Auflösung $T_M/T_P = 100$. Der mittlere Pumpstrom I_p kann damit in 1/100-Stufen des maximal möglichen mittleren Pumpstroms I_P aufgelöst werden. Der maximal mögliche mittlere Wert des Pumpstroms I_P kann dabei $100 \cdot U^+ \cdot TD/R_i$ bzw. $100 \cdot U^- \cdot TD/R_i$ betragen.

Durch Abstufung der Einschalt Dauern TD und/oder des ersten und/oder zweiten Betrags I^+ , I^- , kann eine Optimierung des Regelverhaltens im Hinblick auf Genauigkeit und Geschwindigkeit, sowie insbesondere Stabilität der Regelung erzielt werden.

Eine Weiterbildung kann vorsehen, dass die Konstantstromquelle U^+ , S_1 , U^- , S_2 , R_i mehrstufig, insbesondere auch mehrstufig für beide Polaritäten, ausgestaltet wird. Sofern das Differenzsignal 24 eine größere Differenz zwischen der Mess-Spannung $UIPE_{ist}$ und der Sollspannung $UIPE_{soll}$ anzeigt, kann für eine oder mehrere Einschaltzeiten TD ein höherer Strombetrag vorgegeben werden, als bei einer kleineren Differenz.

Eine andere Weiterbildung sieht vor, dass die Einschaltphasen TD und/oder die Periodendauer TP variabel vorgegeben werden. In diesem Fall kann bei einer höheren Differenz zwischen der Mess-Spannung $UIPE_{ist}$ und der Sollspannung $UIPE_{soll}$ zunächst für eine oder mehrere Periodendauern TP eine längere Einschaltphase TD vorgegeben werden als bei einer kleineren Differenz.

Eine Ausgestaltung sieht eine Kombination der Weiterbildungen vor, so dass mit einer Änderung der Beträge I^+ , I^- des Pumpstroms I_p sowie einer Änderung der Einschaltphasen TD und/oder der Periodendauern TP die der Pumpelektrode 11 zugeführte Ladungsmenge gemäß dem Produkt $I_p \cdot TD$ in einer Periodendauer TP variabel vorgegeben werden kann.

Bei den Weiterbildungen ist bei der Zählung der Einschaltphasen TD im Zähler 27 die Änderung des Pumpstroms I_P auf die anderen Beträge I^+ , I^- sowie die Änderung der Dauer der Einschaltphasen TD zu berücksichtigen.

Eine andere Weiterbildung sieht vor, dass der Gassensor 10 an Stelle der einen Pumpzelle 13 weitere Pumpzellen aufweist. Die einzelnen Pumpzellen können in zeitlicher Folge

- 12 -

5 von der Konstantstromquelle U_+ , S1, U_- , S2, Ri mit dem Pumpstrom I_p beaufschlagt werden. Es können jedoch auch mehrere Konstantstromquellen entsprechend der Anzahl der Pumpstromquellen 13 vorgesehen werden. Zur Vermeidung eines Spannungsabfalls im Gassensor 10 während der Abtastung der Mess-Spannung U_{IPE} ist durch die Abtast-Halte-Schaltung 21 ist darauf zu achten, dass die Ausschaltphasen TA für sämtliche Pumpzellen gleichzeitig vorliegt.

- 13 -

5

Ansprüche

10

1. Vorrichtung zum Betreiben eines Gassensors (10), der eine Sensorkammer (14) enthält, welche über eine Diffusionsbarriere (15) mit dem zu untersuchenden Gas beaufschlagt ist, der wenigstens eine Pumpzelle (13) enthält, die zwischen der Sensorkammer (14) und dem zu untersuchenden Gas angeordnet ist, und der eine Messzelle (19) enthält, die zwischen der Sensorkammer (14) und dem Referenzgasraum (17) angeordnet ist, bei der eine äußere, dem zu untersuchenden Gas ausgesetzte Pumpelektrode (11) der Pumpzelle (13) mit einem Pumpstrom (I_p) beaufschlagt wird, der von einer Mess-Spannung (U_{IPEist}) abhängt, die an einer im Referenzgasraum (17) angeordneten Messelektrode (18) anliegt, dadurch gekennzeichnet, dass eine Konstantstromquelle (U^+ , S1, U^- , S2, Ri) zur Bereitstellung des Pumpstroms (I_p) vorgesehen ist, dass die Konstantstromquelle (U^+ , S1, U^- , S2, Ri) auf wenigstens zwei Beträge (I^+ , I^-) des Pumpstroms (I_p) einstellbar ist und/oder dass die Konstantstromquelle (U^+ , S1, U^- , S2, Ri) einen wechselnden Betrieb mit Einschaltphasen (TD) und Ausschaltphasen (TA) vorsieht, wobei die Dauer der Einschaltphasen (TD) und/oder der Ausschaltphasen (TA) vorgebbar ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Konstantstromquelle (U^+ , S1, U^- , S2, Ri) einen Pumpstrom (I_p) mit positiver und negativer Polarität vorgibt.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erfassung des mittleren Pumpstroms (I_p) eine Mittelwertbildung über eine vorgegebene Messzeit (T_M) vorgesehen ist.

30

- 14 -

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem fest vorgegebenen Betrag (I^+ , I^-) des Pumpstroms (I_p) sowie einer vorgegebenen Dauer der Einschaltphase (TD) / Ausschaltphase (TA) die Anzahl der Einschaltdauern (TD) / Ausschaltdauern (TA) vorgegeben ist.
5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Mess-Spannung (UIPEist) während der Ausschaltphasen (TA) erfasst wird.
10. 6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Konstantstromquelle (U^+ , S1, U^- , S2, Ri) in Abhängigkeit von einem Differenzsignal (24) angesteuert ist, das einen Vergleich (23) in Abhängigkeit von der Differenz zwischen der Mess-Spannung (UIPEist, UIPEistd) und der Sollspannung (UIPEsoll) ansteuert.
15. 7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Pumpzellen (13) im Gassensor (10) vorgesehen sind und dass jede äußere Elektrode (11) der Pumpzellen (13) mit einem Pumpstrom (I_p) beaufschlagt ist.
20. 8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Referenzgasraum (17) des Gassensors (10) Luft vorhanden ist.
25. 9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Sollspannung (UIPEsoll) auf einen Wert von 300 mV – 700 mV festgelegt ist.
10. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Gassensor (10) als Abgassensor ausgebildet ist und dass die äußere Pumpelektrode (11) sowie die Diffusionsbarriere (15) dem Abgas ausgesetzt ist.

1/3

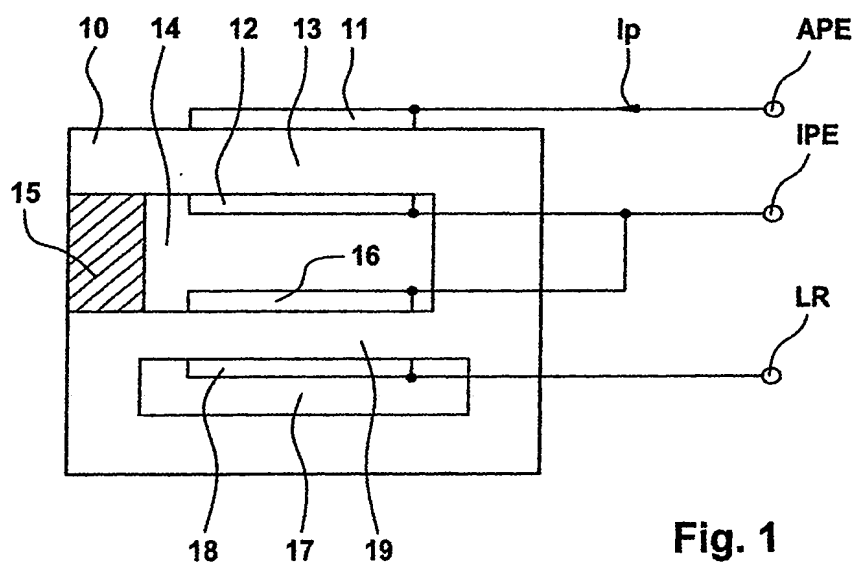


Fig. 1

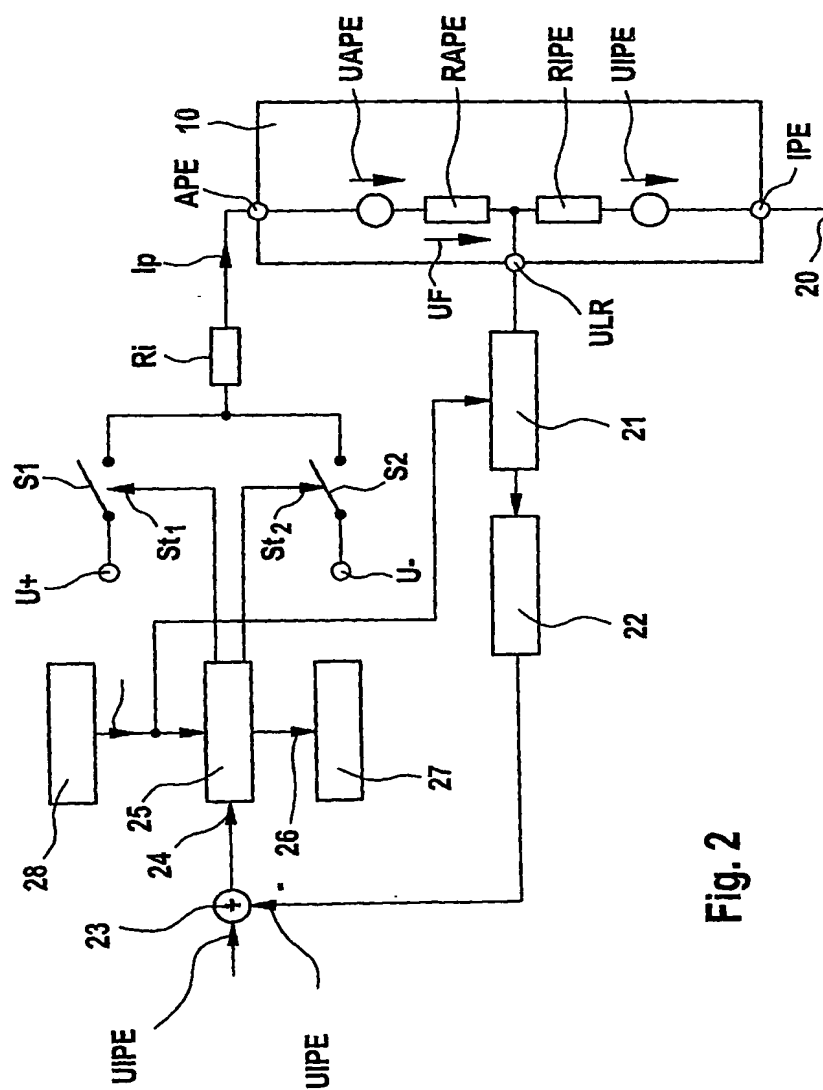
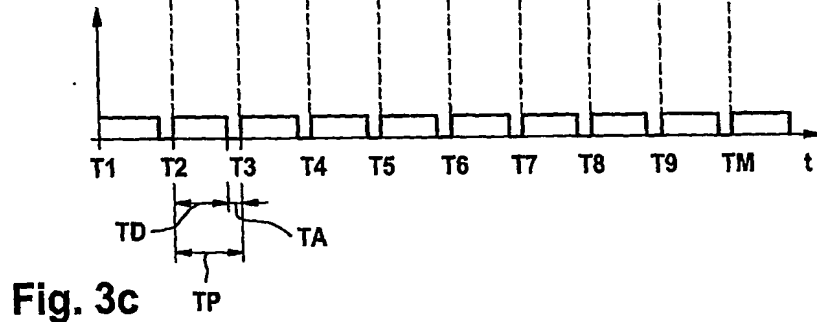
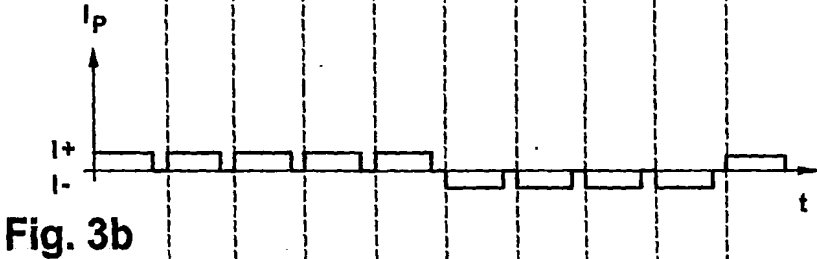
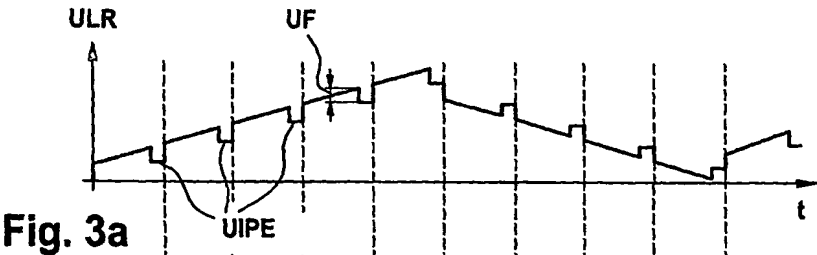


Fig. 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2004/050455

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G01N27/419 G01N27/406

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 02/079769 A (BOSCH GMBH ROBERT ; CRAMER BERNDT (DE); SCHUMANN BERND (DE)) 10 October 2002 (2002-10-10) page 6, line 5 -page 13, line 23	1,7,8,10
X	US 2002/157452 A1 (CRAMER BERNDT ET AL) 31 October 2002 (2002-10-31) page 2, paragraph 22; figures 1,3	1,6-8,10
X	EP 0 427 958 A (SIEMENS AG) 22 May 1991 (1991-05-22) page 5, line 20 -page 6, line 2; figures 1,2	1,2,8,10
X	US 5 632 883 A (HOETZEL GERHARD) 27 May 1997 (1997-05-27) column 2, line 62 - line 65; figure 1	1

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *Z* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

22 July 2004

Date of mailing of the international search report

02/08/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Purdie, D

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/050455

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 02079769	A	10-10-2002	DE 10116184 A1	10-10-2002
			WO 02079769 A2	10-10-2002
			EP 1377818 A2	07-01-2004
			US 2004089055 A1	13-05-2004
US 2002157452	A1	31-10-2002	DE 19962912 A1	05-07-2001
			WO 0148467 A2	05-07-2001
			EP 1250591 A2	23-10-2002
			JP 2003518620 T	10-06-2003
EP 0427958	A	22-05-1991	FR 2654514 A1	17-05-1991
			DE 69015323 D1	02-02-1995
			DE 69015323 T2	24-05-1995
			EP 0427958 A1	22-05-1991
			US 5312538 A	17-05-1994
US 5632883	A	27-05-1997	DE 4408021 A1	14-09-1995
			BR 9505858 A	21-02-1996
			WO 9524643 A1	14-09-1995
			DE 59508340 D1	21-06-2000
			EP 0698209 A1	28-02-1996
			JP 8510560 T	05-11-1996

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/050455

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 G01N27/419 G01N27/406

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 G01N

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 02/079769 A (BOSCH GMBH ROBERT ; CRAMER BERNDT (DE); SCHUMANN BERND (DE)) 10. Oktober 2002 (2002-10-10) Seite 6, Zeile 5 - Seite 13, Zeile 23	1,7,8,10
X	US 2002/157452 A1 (CRAMER BERNDT ET AL) 31. Oktober 2002 (2002-10-31) Seite 2, Absatz 22; Abbildungen 1,3	1,6-8,10
X	EP 0 427 958 A (SIEMENS AG) 22. Mai 1991 (1991-05-22) Seite 5, Zeile 20 - Seite 6, Zeile 2; Abbildungen 1,2	1,2,8,10
X	US 5 632 883 A (HOETZEL GERHARD) 27. Mai 1997 (1997-05-27) Spalte 2, Zeile 62 - Zeile 65; Abbildung 1	1

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

22. Juli 2004

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

02/08/2004

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Purdie, D

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/050455

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 02079769 A	10-10-2002	DE 10116184 A1	10-10-2002
		WO 02079769 A2	10-10-2002
		EP 1377818 A2	07-01-2004
		US 2004089055 A1	13-05-2004
US 2002157452 A1	31-10-2002	DE 19962912 A1	05-07-2001
		WO 0148467 A2	05-07-2001
		EP 1250591 A2	23-10-2002
		JP 2003518620 T	10-06-2003
EP 0427958 A	22-05-1991	FR 2654514 A1	17-05-1991
		DE 69015323 D1	02-02-1995
		DE 69015323 T2	24-05-1995
		EP 0427958 A1	22-05-1991
		US 5312538 A	17-05-1994
US 5632883 A	27-05-1997	DE 4408021 A1	14-09-1995
		BR 9505858 A	21-02-1996
		WO 9524643 A1	14-09-1995
		DE 59508340 D1	21-06-2000
		EP 0698209 A1	28-02-1996
		JP 8510560 T	05-11-1996